

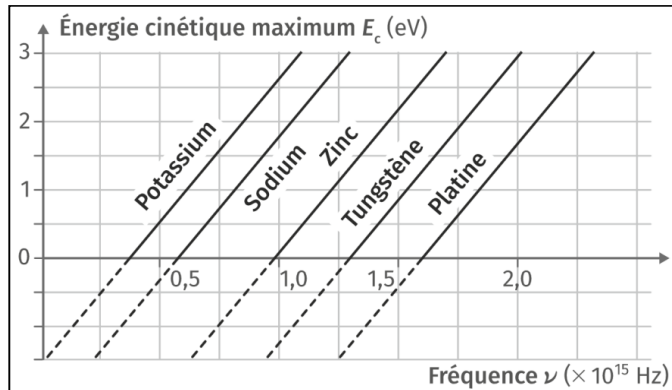
- La lumière : modèles et applications -

Données : Constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Masse de l'électron $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

► **Exercice 01 :**

1- L'énergie minimale nécessaire pour libérer un électron d'un atome de zinc, également appelée travail d'extraction, vaut $W_{\text{ext}} = 4,14 \text{ eV}$. En déduire la fréquence seuil ν_{seuil} du zinc pour en extraire un électron par effet photoélectrique. A quel type de rayonnement cette fréquence correspond-elle ?

2- Comment retrouver cette fréquence sur le graphique ci-dessous, représentant pour différents métaux l'énergie cinétique maximale des électrons émis par effet photoélectrique en fonction de la fréquence du rayonnement électromagnétique incident ?



3- D'après ce graphique, quel(s) métal(aux) peu(ven)t subir l'effet photoélectrique avec de la lumière visible ?

4- Si un photon apporte plus que l'énergie nécessaire pour extraire l'électron du métal, le surplus d'énergie est transformé en énergie cinétique (E_c) pour l'électron. Exprimer alors E_c en fonction de la fréquence ν du photon et du travail d'extraction W_{ext} . En déduire ce que représentent l'ordonnée à l'origine et la pente des graphiques ci-dessus.

5- Revenons au cas du zinc : à quelle vitesse sont éjectés les électrons si on utilise un rayonnement de longueur d'onde dans le vide égale à 250 nm ? à 350 nm ? Cette vitesse dépend-elle de l'intensité de la lumière ?

► **Exercice 02 :**

Pour cet exercice, on rappelle que le Watt est une unité de puissance et qu'elle représente l'énergie (en Joule) échangée chaque seconde.

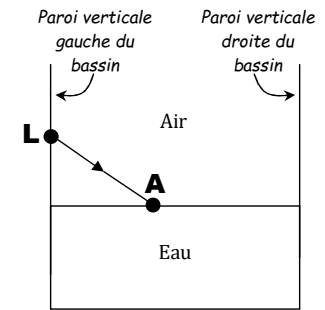
1- Un émetteur radio émet un signal de fréquence 105,5 MHz et de puissance 100 kW. Evaluer le nombre de photons qu'il émet pendant une journée.

2- Le flux solaire au niveau du sol terrestre vaut, par beau temps, environ $\phi_s = 1000 \text{ W.m}^{-2}$. En prenant pour les photons solaires une longueur d'onde moyenne de 0,5 μm , trouver l'ordre de grandeur du nombre de photons reçus pendant une heure de beau temps par le toit d'une résidence disposant d'une surface de 25 m^2 de capteurs solaires.

► **Exercice 03 :**

Un bassin contient de l'eau sur une profondeur $H = 4,00 \text{ m}$. Il est éclairé par un laser L situé sur la surface verticale de gauche du bassin à une hauteur $h = 2,00 \text{ m}$ par rapport au niveau de la surface de l'eau. Ce laser éclaire un point A situé sur l'eau à une distance $d = 3,00 \text{ m}$ par rapport à la paroi verticale de gauche du bassin. On constate alors que deux points lumineux se forment : un point B situé sur la paroi verticale de droite et un point C situé au fond du bassin.

Données : - Indice de réfraction de l'air : $n(\text{air}) = 1,00$
- Indice de réfraction de l'eau : $n(\text{eau}) = 1,33$
- Distance entre les deux parois verticales du bassin : $D' = 8,00 \text{ m}$



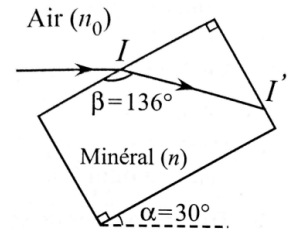
1- Déterminer la valeur de l'angle d'incidence du rayon parcourant le trajet LA.

2- Dessiner qualitativement le trajet du rayon lumineux justifiant l'apparition du point B. A quelle hauteur h' par rapport à la surface de l'eau se situe ce point B ?

3- Dessiner qualitativement le trajet du rayon lumineux justifiant l'apparition du point C. A quelle distance D par rapport à la paroi verticale de droite du bassin se situe ce point C ?

► **Exercice 04 :**

Un rayon lumineux voyageant dans l'air pénètre horizontalement dans un minéral rectangulaire supposé transparent et isotrope. La disposition du minéral par rapport à l'horizontale et le trajet du rayon lumineux à l'intérieur du minéral sont représentés ci-contre.



1- Déterminer l'indice de réfraction « n » du minéral.

2- Déterminer l'angle d'incidence limite pour le dioptré minéral-air.

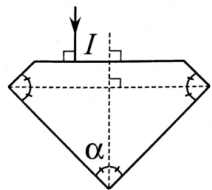
3- Le rayon lumineux pourra-t-il ressortir du minéral au point I' ? Si oui, indiquer la valeur de son angle de réfraction. Sinon, déterminer la suite de son parcours au travers du minéral.

► **Exercice 05 :**

Le diamant a l'indice de réfraction le plus élevé parmi les pierres naturelles transparentes : sa valeur varie de 2,417 pour une longueur d'onde dans le vide de 400 nm à 2,419 pour une longueur d'onde dans le vide de 800 nm. Un rayon de lumière blanche se propageant dans l'air arrive perpendiculairement à la surface supérieure d'un diamant représenté ci-contre avec $\alpha = 45,0^\circ$.

1- Peut-on considérer le diamant comme un milieu dispersif ?

2- En prenant $n = 2,418$ pour l'indice du diamant, déterminer la suite du trajet du rayon incident représenté jusqu'à sa sortie du diamant.

► **Exercice 06 :**

L'effet mirage, c'est quoi ? Les mirages sont des phénomènes optiques extrêmement courants et parfois spectaculaires. Leur explication physique est très simple, puisqu'elle fait essentiellement intervenir les lois de la réfraction.

Prenons le cas le plus classique : une route surchauffée en été. La route, sombre, absorbe le rayonnement solaire et devient rapidement très chaude. L'air situé à proximité du bitume chauffe également et sa température décroît lorsqu'on s'éloigne du sol. L'indice de réfraction dépend de la



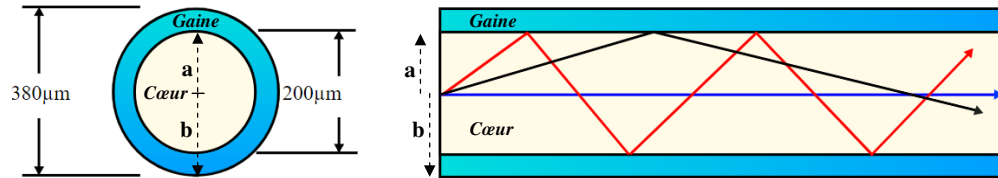
température de l'air : plus l'air est chaud, plus son indice est faible. Par conséquent, au-dessus de la route, on observe un gradient d'indice avec des indices faibles près du sol et des indices de plus en plus élevés lorsqu'on monte et que la température diminue. Suivons maintenant un rayon lumineux provenant d'un nuage (ou d'un bout du ciel) et se dirigeant vers la route. Au fur et à mesure que ce rayon se rapproche du sol, il rencontre des indices de plus en plus faibles. Or on sait (lois de Descartes) que lors du passage d'un milieu à fort indice vers un milieu à faible indice, un rayon lumineux à tendance à s'éloigner de la normale à ces deux milieux. Si on imagine l'air découpé en tranches très fines parallèles au sol dans lesquelles l'indice de réfraction est constant, il est alors facile de se rendre compte que le rayon va se redresser au fur et à mesure qu'il descend vers le sol jusqu'à être quasiment parallèle au sol. A ce moment là, le rayon va finalement repartir vers le haut (sans avoir touché le sol) pour finalement venir taper l'œil de l'observateur.

A l'aide de ces informations, réaliser un schéma illustrant le chemin d'un rayon lumineux afin d'expliquer l'effet mirage. Justifier alors l'observation faite sur la route sur la photo ci-dessus.

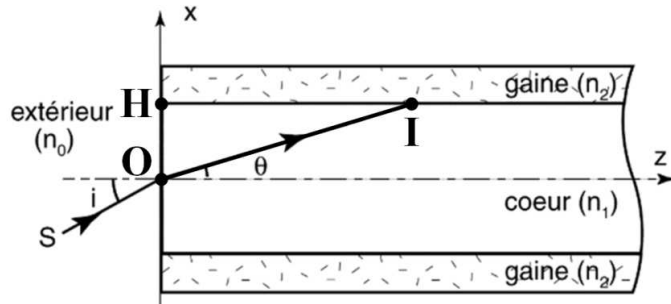
► Exercice 07 :

La fibre optique offre un accès ultrarapide à internet, à la télévision en HD et permet de nouveaux usages. Le support de l'information est une onde lumineuse qui traverse un cylindre constitué de 2 parties : le cœur cylindrique de rayon a et d'indice n_1 , entouré d'une gaine d'indice n_2 et de rayon extérieur b .

Le choix des indices n_1 et n_2 est important : pour ne pas perdre d'information, il faut en effet que l'onde lumineuse reste dans le cœur sans jamais passer dans la gaine (voir ci-dessous). On dit que l'onde est guidée par réflexion totale.



L'onde lumineuse, initialement dans l'air pour lequel $n_0 = 1,000$, rentre dans le cœur de la fibre optique selon le rayon incident SO , formant un angle d'incidence i sur la surface du dioptr air-cœur et un angle de réfraction θ .



1- Les deux parties de la fibre optique sont de la silice et du silicone, d'indices de réfraction respectifs 1,456 et 1,410. Identifier lequel de ces matériaux constitue le cœur et la gaine de la fibre optique pour que l'onde lumineuse puisse être guidée sans perte.

2- Exprimer en fonction de n_0 , n_1 et n_2 la valeur maximale que peut prendre l'angle i (on notera cette valeur $i_{\max}$) pour que le rayon réfracté ait une propagation guidée dans le cœur. En déduire alors que $i_{\max} = 21,29^\circ$.

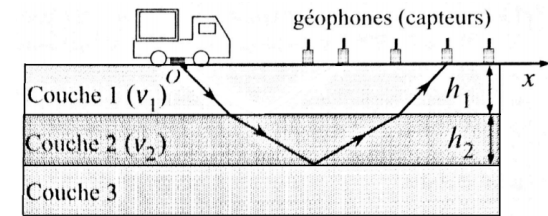
3- On considère une fibre optique de longueur $L = 1,00$ km dans laquelle l'onde lumineuse est introduite avec un angle d'incidence $i = 0^\circ$. Quelle durée Δt_1 sera nécessaire à l'onde lumineuse pour parcourir la longueur L ?

4- On considère désormais que l'onde lumineuse est introduite dans la même fibre optique que précédemment avec un angle d'incidence $i = i_{\max}$.

- Déterminer qualitativement si la durée Δt_2 nécessaire à l'onde lumineuse pour parcourir la longueur L sera plus petite, plus grande ou égale à Δt_1 .
- Montrer que $OI = 401 \mu\text{m}$ et que $HI = 388 \mu\text{m}$.
- En déduire la durée nécessaire Δt_{O1} pour parcourir le trajet OI puis la durée Δt_2 .

• Exercice 08 :

Un camion vibreur à l'arrêt émet une salve d'ondes à l'aide d'un marteau venant frapper périodiquement le sol. Les capteurs enregistrent en surface les échos liés aux réflexions des ondes sur les dioptrés séparant les différentes couches, ce qui permet ainsi de déterminer les durées de parcours de chaque signal. L'instant initial est défini par le départ de la salve au point O .



1- Le schéma ci-dessus représente le trajet d'un rayon ayant subi une réfraction sur le 1^{er} dioptré, puis une réflexion sur le 2^{ème}, puis à nouveau une réfraction sur le 1^{er} et enfin détecté par un géophone. Compléter le schéma ci-dessus pour y indiquer le trajet d'un autre rayon issu du point O ne subissant qu'une réflexion sur le 1^{er} dioptré et détecté par le même géophone que précédemment.

2- On note v_1 la vitesse des ondes dans la couche 1 et v_2 leur vitesse dans la couche 2. D'après le schéma, comparer v_1 et v_2 .

3- On appelle Δt_1 la durée nécessaire à l'onde réfléchiée par le 1^{er} dioptré pour atteindre un géophone situé à la distance x du camion et h_1 la profondeur de la couche 1.

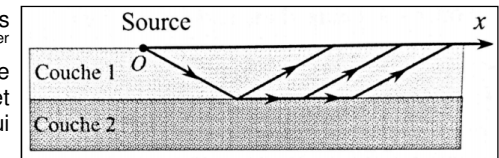
a) Montrer que Δt_1 est donnée par la relation : $\Delta t_1 = \sqrt{\frac{4h_1^2 + x^2}{v_1^2}}$

b) On relève les valeurs Δt_1 mesurées par des géophones placés à différentes abscisses x puis on trace le graphique $\Delta t_1^2 = f(x^2)$. On modélise le nuage de points obtenu par une droite de coefficient directeur $a = 2,5 \cdot 10^{-7}$ SI et d'ordonnée à l'origine $b = 4,0 \cdot 10^{-3}$ SI. Après avoir déterminé les unités SI de ces coefficients a et b , les exploiter pour déterminer les valeurs de v_1 et de h_1 .

4- Donner l'expression de la durée Δt_2 nécessaire aux ondes traversant la couche 2 pour atteindre le géophone situé à l'abscisse x en fonction des vitesses v_1 et v_2 de propagation des ondes dans les couches 1 et 2, des épaisseurs h_1 et h_2 de chaque couche et des angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 sur le 1^{er} dioptré (commencer par faire un GRAND schéma de la situation).

Une étude similaire à la question 3- montre alors que $v_2 = 2,8 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$ et que $h_2 = 100 \text{ m}$.

5- Une troisième onde peut être détectée par les géophones : ce sont des ondes qui atteignent le 1^{er} dioptré mais ne le traversent pas. Ces ondes se déplacent le long du dioptré à la vitesse v_2 et produisent en continu des ondes réfractées qui remontent à la surface.



a) A partir de quelle valeur d'angle d'incidence sur le dioptré Couche1/Couche2 observe-t-on ce phénomène ?

b) En déduire à partir de quelle abscisse « x » ce phénomène peut être enregistré par un géophone ?